

УДК 620.92

ЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТРИГЕНЕРАЦІЙНА УСТАНОВКА З ВИКОРИСТАННЯМ ГІБРИДНИХ СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

Галько С.В., к.т.н.,

Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна

e-mail: galkosv@gmail.com

Постановка проблеми. Тригенерація є децентралізованою енергоперетворювальною системою, в якій один вид первинної енергії одночасно трансформується у три корисних енергетичних ефекту - електроенергію, тепло і холод. Тригенерація забезпечує використання пристрою генерації круглий рік, тим самим не знижуючи високий ККД енергетичної установки і є на сьогоднішній час однією з найбільш ефективних технологій підвищення енергетичної ефективності і екологічної безпеки. Економія енергоресурсів при використанні тригенераційних технологій досягає 60% [1].

Технологія тригенерації дає можливість перетворити у холод до 80% теплової потужності когенераційної установки, що значно збільшує її сумарний ККД і підвищує коефіцієнт ресурсів її потужності.

Переваги тригенераційної технології:

- тепло є джерелом енергії, що дозволяє використовувати надлишкову теплову енергію, яка має дуже низьку собівартість;
- вироблена електрична енергія може бути подана у загальну електромережу або використовуватися для забезпечення власних потреб;
- тепло може бути використане для забезпечення потреб у тепловій енергії під час опалювального сезону;
- вимагається мінімальні витрати на технічне обслуговування у зв'язку з відсутністю у абсорбційних холодильних установках рухомих деталей, які можуть бути зношені;
- безшумна робота абсорбційної системи;
- низькі експлуатаційні витрати і витрати у продовж всього терміну служби;
- в якості холодоагенту використовується вода замість засобів, які руйнують озоновий шар.

Аналіз останніх досліджень. В загальному в якості базових двигунів у тригенераційних установках використовуються теплові двигуни, які працюють на природному газі і альтернативних газоподібних паливах (біогаз і т.п.): газотурбінні і газопоршневі двигуни або переобладнані для роботи на газі традиційні дизель-генератори. Ряд ведучих

двигунобудівних фірм для використання в установках автономного енергозабезпечення налагодили випуск газових двигунів у когенераційному виконанні, які обладнані штатними теплообмінниками для отримання гарячої води або водяної пари за рахунок використання теплоти випускних газів, наддувочного повітря або газоповітряної суміші, теплоти охолоджуючої сорочки двигуна води і мастила, яке змазує.

Перша на Україні тригенераційна установка введена в експлуатацію на заводі ВАТ “Сандора” – “Persico Ukraine” (Миколаївська обл.) у 2011 р. Джерелом енергії в установці є газопоршневий двигун JMS 420 GS-N.LC GE Jenbacher, що працює на природному газі [2].

Недоліком описаних вище тригенераційних установок є використання традиційних джерел енергії (природний газ, дизельне паливо) або біогазу з установкою для його виробництва, що приводить до значного подорожчання в цілому цих установок

Основні матеріали дослідження. У всьому світі постійно зростає попит на електроенергію. Для його задоволення здійснюється розвиток альтернативних джерел енергії з використанням сонячної, вітрової, геотермальної та інших джерел енергії. Одним з ключових рішень є розвиток нових технологій перетворення сонячної енергії [3]. Сонячна енергія є найбільш ефективним та чистим джерелом енергії, а також дешевим і вічним джерелом відновлюваної енергії, за допомогою якого можна подолати залежність суспільства від звичайних видів палива та ресурсів [4]. У роботі [5] розроблені рекомендації щодо застосування сонячних станцій: кондиціонування, охолодження, нагрівання, використання в якості зарядних пристроїв тощо.

За існуючих темпів нарощування встановленої потужності сонячних фотоелектричних станцій в Україні вже до 2030 року їх сумарна потужність досягне 8,5 ГВт [6]. Одним з варіантів збереження існуючих темпів приросту потужності фотоенергетики в Україні є розвиток та популяризація автономних систем електроспоживання, наприклад сонячних електростанцій для зарядки екомобілів [7]. Досить привабливим у цьому ракурсі виглядає розробка тригенераційних технологій, а на їх основі і установок [8].

Нами пропонується у тригенераційній установці використовувати гібридні сонячні фотоелектричні панелі (ГСФП) на основі циліндричних когенераційних фотоелектричних модулів (ФЕМ) [9-11]. Експериментальні дослідження і визначення параметрів циліндричного когенераційного ФЕМ для ГСФП приведені у [12,13]. У роботах [9-13] обґрунтовано і експериментально підтверджено використання циліндричних ФЕМ у складі ГСФП. ГСФП за рахунок сонячного випромінювання одночасно генерують електричну і теплову енергії, яка використовується на господарські потреби.

Схематично енергетичний баланс системи тригенерації на основі ГСФП з циліндричними ФЕМ приведений на рис. 1. В системі головною є енергетична установка (ЕУ), в нашому випадку ГСФП, яка генерує електроенергію (ЕЕ) і теплову енергію (ТЕП). Первиною енергією (ПЕ) є енергія сонячного випромінювання.



Рис. 1. Схема енергетичного балансу системи тригенерації

Система має два види обов'язкових втрат: в оточуюче середовище (ОС) та внутрішні незворотні втрати в системі – деструкція системи (ДЕ). Співвідношення когенерації повністю визначається термодинамічними властивостями енергетичної установки. Тепло утилізується для отримання двох ефектів – тепла (ТЕП) і холоду (ХОЛ). Співвідношення продуктивності і температурних режимів установок виробництва тепла і холоду повністю визначається конкретним споживачем.

В загальному вигляді енергетичний баланс системи тригенерації можна представити математичним виразом:

$$Q_{ПЕ} = \frac{Q_{ЕЕ}}{\eta_{ЕЕ}} + Q_{ОС} + Q_{ДЕ} + \frac{Q_{ТЕП}}{\eta_{ТЕП}} + \frac{Q_{ХОЛ}}{\eta_{ХОЛ}}, \quad (1)$$

де $Q_{ЕЕ}$ – електроенергія, що виробляється ГСФП;

$Q_{ОС}$ – втрати енергії в оточуюче середовище;

$Q_{ДЕ}$ – внутрішні втрати в системі (деструкція системи);

$Q_{ТЕП}$ – теплова енергія, що вироблена ГСФП;

$Q_{ХОЛ}$ – енергія, що вироблена холодильною машиною;

$\eta_{ЕЕ}$, $\eta_{ТЕП}$, $\eta_{ХОЛ}$ – відповідно, електричний і тепловий ККД ГСФП та ККД холодильної машини.

У літній період, коли потреба у теплі, що генерується $Q_{ТЕП}$, знижується, збільшується потреба у холоді $Q_{ХОЛ}$ (кондиціонування приміщень або технологічні потреби). З цією метою можна використовувати абсорбційні бромистолітєві холодильні установки. Таким чином, величина двох останніх складових у рівнянні змінюється при збереженні загального енергетичного балансу.

Розроблена і запатентована корисна модель тригенераційної установки відноситься до відновлюваної енергетики з використанням сонячної енергії для тригенерації. В основу моделі поставлена задача

створення автономної тригенераційної енергоустановки в якій використано ГСФП та абсорбційний холодильник, приєднаний до бака-акумулятора [14,15].

Автономна тригенераційна енергоустановка складається з сонячних ФЕМ циліндричної форми, акумулятора, контролера заряду, розряду, інвертора, абсорбційного холодильника, вихрового насоса, термодатчика і контролера температури. Сонячні модулі об'єднані в батарею з паралельним з'єднанням пар електричних гермоконтактів, приєднаних через контролер заряду-розряду до акумулятора. До іншого виходу контролера приєднані споживачі постійного струму безпосередньо, а споживачі змінного струму - через інвертор.

Функціональна схема автономної тригенераційної енергоустановки наведена на рис. 2. Енергоустановка працює наступним чином. ГСФП 1 із сонячних когенераційних ФЕМ 2 встановлюється на даху будівель або рухомому об'єкті (яхті, баржі, рухомій пасіці, збиральному комбайні тощо). Теплота з ФЕМ 2 відбирається теплоносієм 14, що протікає по спільному колектору 3 ГСФП.

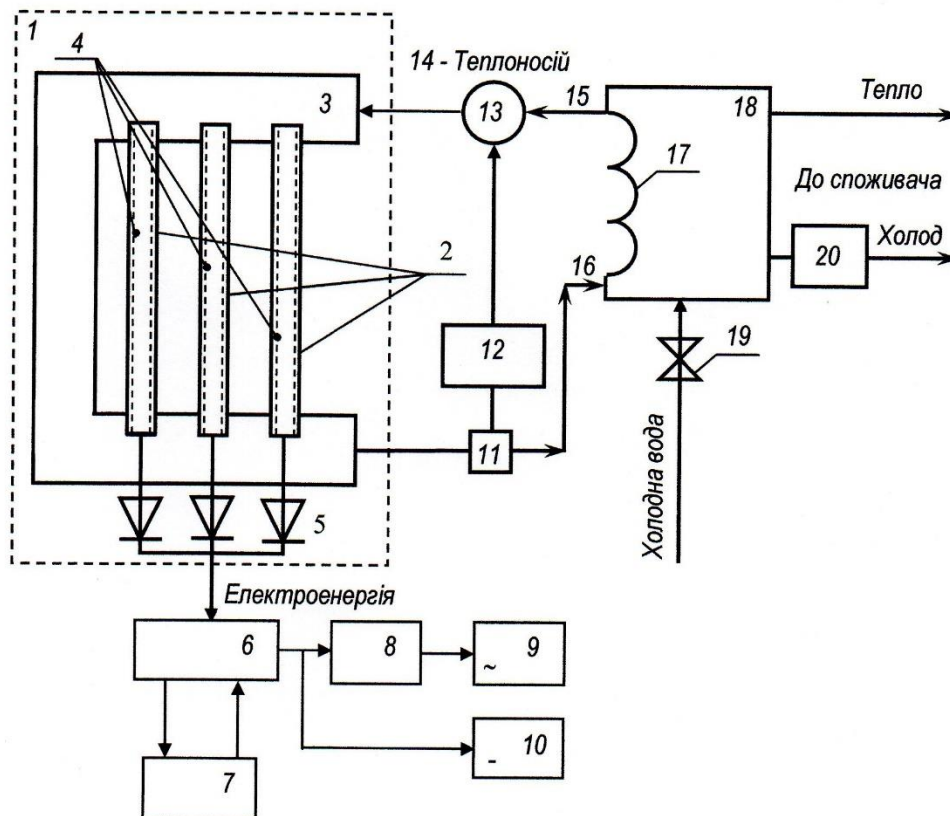


Рис. 2. Функціональна схема автономної сонячної тригенераційної енергоустановки

Струм, генерований охолодженими фотоелектричними перетворювачами (ФЕП) 4 від кожного модуля 2 через низькоомні діоди Шотткі 5 і контролер заряду-розряду 6 поступає на заряд

акумулятора 7, до споживачів постійного струму 10, або через інвертор 8 – до споживачів змінного струму 9.

При досягненні температури теплоносія 14 в спільному колекторі 3 заданої величини, за сигналом термодатчика 11 контролер температури 12 вмикає вихровий насос 13, і той проганяє теплоносії 14 по трубах 15,16, який через теплообмінник 17 віддає генеровану теплоту до бака-акумулятора 18, до якого приєднаний абсорбційний холодильник 20. Холодна вода поступає до бака-акумулятора 18 через електродвигун 19 знизу, а до споживача поступає “тепло” і “холод”.

Висновки. На основі аналізу існуючих тригенераційних установок, що випускаються промисловістю, запропонована тригенераційна установка на основі гібридних сонячних фотоелектричних панелей з циліндричними когенераційними фотоелектричними модулями, що охолоджуються. Технічний результат розробки полягає у збільшенні завантаження і продуктивності автономної генераційної енергоустановки за рахунок додаткової генерації холоду та заощадження традиційних енергетичних природних ресурсів.

Список літератури

1. Галько С. В., Жарков В. Я., Жарков А. В. Технології та засоби перетворення відновлюваних джерел енергії для приватних домогосподарств: монографія. Мелітополь: Люкс, 2019. 215 с.
2. Elsenbruch T. Jenbacher gas engines a variety of efficient applications. *Bureşti*, 2010. 73 p.
3. Solarenergy: Potential and future prospect / E. Kabir, P. Kumar, S. Kumar, A. A. Adelodun, Kim Ki-Hyun. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 82, № 1. P. 894-900. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>.
4. Rethinking solar energy education on the dawn of the solar economy / R. Ciriminna, F. Meneguzzo, M. Pecoraino, M. Pagliaro. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 63. P. 13-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.008>.
5. Sansaniwal S., Sharma V., Mathur J. Energy and energy analyses of various typical solar energy applications: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 82, № 1. P. 1576-1600. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.003>.
6. Zeman System design for a solar powered electric vehicle charging station for workplaces / G. Chandra, P. Mouli, M. Bauer. *Applied Energy*. 2016. Vol. 168. P. 434-443. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.110>.
7. Галько С. В., Довгалюк С. М., Жарков А. В., Жарков В. Я. Про перспективу використання приватних сонячних електростанцій для зарядки екомобілів в Україні. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*: матеріали VI Міжнар. наук.-техн. Інтернет-конф., 19-20

лист. 2018 р. Харків: ДВНЗ “Харківський національний автомобільно-дорожній університет”, 2018. С. 54-56.

8. Жарков В. Я., Жарков А. В., Галько С. В. Технологія використання сонячної енергії для ПДГ. *Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти*: колективна монографія / за заг. ред. П. М. Макаренка, О. В. Калініченка, В. І. Аранчій. Полтава: ПП “Астрія”, 2019. С. 418-426.

9. Жарков В. Я., Галько С. В., Жарков А. В. Присадибна сонячна електростанція з фотоелектричними модулями циліндричної форми. *Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка.*: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. 2015. Вип.165. С.25-26.

10. Присадибна сонячна електростанція з фотоелектричними модулями циліндричної форми: пат. 103043 Україна: МПК (2015.01) H01L 31/00, H02J 7/35 (2006.01). № u 2015 06713; заявл. 07.07.15; опубл. 25.11.2015; Бюл. №22.

11. Галько С. В. Використання когенераційних фотоелектричних модулів для зарядки електромобілів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 19. Т. 3. С. 130-141. DOI: <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-3-130-141>.

12. Галько С. В. Експериментальне дослідження і визначення параметрів когенераційного фотоелектричного модуля для гібридних сонячних електростанцій. *Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень*: матеріали Міжнар. наук. конф., 10 квіт. 2020 р. Луцьк: МЦНД, 2020. Т. 1. С. 83-90. DOI: <https://doi.org/10.36074/10.04.2020.v1.10>.

13. Halko S., Halko K. Research of electrical and physical characteristics of the solar panel on the basis of cogeneration photoelectric modules. *Integración de las ciencias fundamentales y aplicadas en el paradigma de la sociedad post-industrial*: Colección de documentos científicos «ΛΟΓΟΣ» con actas de la Conferencia Internacional Científica y Práctica, 24 de abril de 2020. Barcelona, España: Plataforma Europea de la Ciencia, 2020. Vol. 2. P. 39-44. DOI: <https://doi.org/10.36074/24.04.2020.v2.10>.

14. Автономна тригенераційна енергоустановка рухомого об'єкта: пат. 131432 Україна: МПК (2018.01) H01L 31/00, B60L 8/00, F28D 15/00. № u 2018 08406; заявл. 1.08.18; опубл. 10.01.19, Бюл. №1.

15. Автономна сонячна тригенераційна енергоустановка: пат. 131994 Україна: МПК (2018.01) H01L 31/00, H01J 7/00, F24S 20/00, F02G 5/00. № u 2018 08400; заявл. 01.08.18; опубл. 11.02.19, Бюл. №3.